
Neuroeducación: aportaciones de la neurociencia a las competencias curriculares

Neuroeducation: Contributions of Neuroscience to Curricular Competences

Agustín Ernesto Martínez-González
Universidad de Alicante
agustin.emartinez@ua.es
<https://orcid.org/0000-0002-9576-7348>

José Antonio Piqueras Rodríguez
Universidad Miguel Hernández
jpiqueras@umh.es
<https://orcid.org/0000-0002-3604-5441>

Beatriz Delgado
Universidad de Alicante
beatriz.delgado@ua.es
<https://orcid.org/0000-0003-1174-0314>

José Manuel García-Fernández
Universidad de Alicante
josemagf@ua.es
<https://orcid.org/35271578900>

Fechas · Dates

Recibido: 2017-12-22
Aceptado: 2018-01-09
Publicado: 2018-12-27

Cómo citar este trabajo · How to Cite this Paper

Martínez-González, A. E., Piqueras, J. A., Delgado, B., & García-Fernández, L. M. (2018). Neuroeducación: aportaciones de la neurociencia a las competencias curriculares. *Publicaciones*, 48(2), 23–34. doi:10.30827/publicaciones.v48i2.8331

Resumen

Tradicionalmente la educación ha dejado de lado las aportaciones procedentes del ámbito de la medicina, y en concreto de la neurociencia, centrándose principalmente en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Sin embargo, en los últimos años han ido surgiendo contribuciones y modelos teóricos desde la neuropsicología, que han dado lugar a la aparición de la neuroeducación o neurociencia educativa. Se trata de un campo científico interdisciplinar que estudia la interacción entre los procesos neuronales, psicológicos y la educación con el propósito de mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje en el estudiante. El presente estudio tiene el objetivo de realizar una revisión de los hallazgos de la neurociencia que pueden ayudar a la mejora del currículo educativo en las distintas competencias educativas y al proceso de enseñanza-aprendizaje en estudiantes con y sin necesidades educativas especiales. Los resultados de los estudios neuropsicológicos han mostrado la eficacia de las técnicas neuropsicológicas. Por lo tanto, se concluye que es el momento de incluir de forma transversal las aportaciones de la neurociencia en las aulas.

Palabras clave: Neurociencia educativa; Neuroeducación; Currículo; Docencia; Enseñanza-aprendizaje.

Abstract

Traditionally, education has left aside the contributions coming from the field of medicine, and specifically from neuroscience, focusing mainly on the teaching and learning process. However, in recent years contributions and theoretical models have been emerging from neuropsychology, which have led to the emergence of neuroeducation or educational neuroscience. It is an interdisciplinary scientific field that studies the interaction between neuronal, psychological processes and education with the purpose of improving the teaching and learning process in the student. The present study aims to review the findings of neuroscience that can help improve the educational curriculum in the different educational competencies and the teaching-learning process in students with and without special educational needs. The results of neuropsychological studies have shown the efficacy of neuropsychological techniques. Therefore, it is concluded that it is time to include transversally the contributions of neuroscience in the classrooms.

Key words: Educational Neuroscience; Neuroeducation; Curriculum; Teaching; Teaching-Learning.

Antecedentes

La *Academia Nacional de las Ciencias de Estados Unidos* publicó en el año 2000 un informe señalando los avances realizados en neurociencia y que los resultados de dichas investigaciones se pongan a disposición de los educadores en el contexto escolar (Bransford, Brown & Cocking, 2000). Blakemore y Frith fueron los primeros autores en relacionar la neurociencia y la educación. Defienden que la capacidad del cerebro para aprender es uno de los pilares fundamentales que apoyan el nexo de unión entre la educación y la neurociencia. Esta aportación ha dado lugar a la aparición de la corriente científica de la neurociencia educativa (Blakemore & Frith, 2005). La neuroeducación o neurociencia educativa es un campo científico interdisciplinar que estudia la interacción entre los procesos neuronales, psicológicos y la educación con el fin de mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje en el estudiante (Mehta, 2009).

Este nuevo campo de estudio reúne a investigadores en neurociencia, neuropsicología, neurodesarrollo, psicología de la educación, tecnología de la educación y teoría de la educación, entre otros (Ansari et al., 2012). Desde un enfoque transdisciplinar, la neuroeducación tiene el objetivo de trasladar los datos encontrados en la investigación neurocientífica a la práctica educativa de un modo aplicado (Sigman et al., 2014). Un ejemplo de conexión entre ciencia educativa y la neurociencia son la teoría de las inteligencias múltiples (Gardner, 1999) y la teoría de la mente (Premack & Woodruff, 1978). En la teoría de la mente toman un papel relevante las denominadas funciones ejecutivas entendidas como el conjunto de habilidades cognitivas que implica la memoria de trabajo, la planificación, la flexibilidad, la empatía emocional, la monitorización y la inhibición de conductas, que están localizadas en la corteza prefrontal (Baggetta & Alexander, 2016). En los últimos años se ha señalado que el sistema educativo debería centrarse en priorizar el desarrollo de las funciones ejecutivas en el alumnado (Diamond & Lee, 2011).

Objetivo

En la actualidad existe una carencia de estudios de revisión sobre neuroeducación. En este estudio se pretende realizar una revisión sobre los resultados hallados por los estudios de neurociencia con el fin de mostrar el estado actual de la cuestión e indicar las principales aportaciones que ésta puede ofrecer a las competencias curriculares.

Método

La búsqueda bibliográfica se realizó mediante las bases de datos PsycINFO y Scopus, acotando la búsqueda a los estudios más actuales entre el periodo 2010 y 2016. Los términos introducidos para la realización de la búsqueda y el número de documentos relacionados fueron: 1) neuroeducation* (27 documentos); 2) neur correlat* con cada uno de los siguientes términos: 'music' (316 documentos), 'creativity' (91 documentos), 'emotional' (2.319 documentos), 'empathy' (274 documentos), 'mathematics' (271 documentos), 'dyslexia' (163 documentos), 'dyscalculia' (19 documentos), 'autism' (935 documentos), 'ADHD' (561 documentos); 3) neuropsycholog* con cada uno de los siguientes términos: 'music' (213 documentos), 'creativity' (75 documentos), 'emotional' (2.392 documentos), 'empathy' (244), 'mathematics' (343 documentos), 'dyslexia', (401 documentos), 'dyscalculia' (65 documentos), 'autism' (849 documentos), 'ADHD' (1.058 documentos); 4) serious game* (2.924 documentos). Tras revisar los resúmenes de cada uno de los artículos se escogieron artículos siguiendo unos criterios siguiendo las pautas de otros autores (Kuelz et al., 2004): Criterios de inclusión: 1) estudios con población humana, niños y adultos; 2) artículos publicados en revistas con índice de impacto; 3) meta-análisis o estudios de revisión sistemática; y 4) estudios relacionados con la temática. Para cada estudio se identifican las habilidades cognitivas, lingüísticas, matemáticas, etc. de cada competencia e incluimos las aportaciones desde la neurociencia que pueden ser aplicadas en el ámbito educativo. Los criterios de exclusión fueron: 1) disertaciones y proceeding de congresos; 2) capítulos de libros o libros; 3) material editorial cartas al editor; 4) pequeñas encuestas; y 5) casos n=1. Los artículos se solicitaron a los autores o fueron descargados de las diferentes páginas que ofrecían la posibilidad de realizar la descarga de texto completo.

Resultados

A continuación se describen los principales hallazgos de neurociencia en cada una de las competencias incluidas según la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de mayo, para la mejora de la calidad Educativa en España:

Competencia en comunicación lingüística

Durante la última década, ha habido un aumento significativo del número de investigaciones en neurociencia que han hallado los sustratos neuronales del procesamiento del lenguaje como la adquisición de los fonemas, las palabras y las oraciones en el niño (Liégeois et al., 2014). Uno de los trastornos del lenguaje más comunes es la dislexia. Los resultados de la revisión señalan que los estudios de neuroimagen muestran diferencias estructurales, funcionales y fisiológicas en las personas con dislexia (Soriano-Ferrer & Martínez, 2017). Por otro lado, los estudios de intervención logopédica encuentran una mejora evidenciada mediante test neuropsicológicos y de neurolingüística. Concretamente, estudios en neuroimagen funcional con niños que presentan dislexia hallan cambios funcionales en ciertas áreas cerebrales tras una intervención basada en el procesamiento auditivo del lenguaje (Temple et al., 2003). Del mismo modo, la intervención neuropsicológica y logopédica aportan evidencia de la mejora en la fluencia verbal mediante técnicas asociativas, de visualización, de repetición, entre otras, en el alumnado con dislexia (Valdois et al., 2014). Todos estos resultados contribuyen a la comprensión del proceso de plasticidad cerebral tras realizar una intervención.

Matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología

La competencia en matemáticas está muy relacionada con procesos neuropsicológicos como las habilidades espaciales, la atención, la memoria, el control inhibitorio y las habilidades para resolver problemas, aspectos que serán fundamentales en las funciones ejecutivas (Mayer et al., 2014). Los estudios concluyen que las actividades relacionadas con las matemáticas se asocian con un aumento de la actividad cerebral de los lóbulos frontales, encargados de la resolución de problemas y de la toma de decisiones (Hawthorne et al., 2014). Una de las principales causas del bajo rendimiento en matemáticas es la discalculia que se caracteriza por déficits específicos en el procesamiento de la información numérica y matemática. Los alumnos con discalculia son más lentos y menos precisos durante la resolución de problemas, especialmente para resolver problemas de restas (Rosenberg-Lee et al., 2015), a su vez, se ha comprobado que esta forma de procesar la información también se vincula a diversas áreas cerebrales (Wang et al., 2015). Del modo contrario, los alumnos superdotados muestran una mayor actividad cerebral en diferentes áreas cerebrales muy relacionadas con la habilidad en las matemáticas (Navas-Sánchez et al., 2014). Los estudios sobre intervención neuropsicología aportan técnicas para el aprendizaje y mejora de las habilidades matemáticas como las técnicas de visualización y asociación (Gracia-Bafalluy & Escolano-Pérez, 2014). Los resultados de estudios revelan una mejora significativa en el rendimiento de las matemáticas en estudiantes con discalculia aplicando este tipo de técnicas (Faramarzi & Sadri, 2014).

Competencia digital

Las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) se emplean como competencia transversal para el desarrollo de otras como la resolución de problemas en matemáticas (Ledesma, 2014), siendo un recurso motivante que sirve para potenciar y estimular el proceso de aprendizaje de los niños con trastornos del neurodesarrollo (Guía et al., 2015). Además, en los últimos años ha habido un aumento en el número de estudios sobre juegos serios para la salud, es decir, juegos con evidencia científica que aportan beneficios en la salud, y que proporcionan resultados significativos tanto sobre la salud mental en población clínica (DeSmet et al., 2014) como para el aprendizaje de competencias como las matemáticas en estudiantes (Wouters et al., 2017). Por otra parte, el neurofeedback y la realidad virtual han aportado las primeras evidencias en la mejora de los procesos cognitivos y emocionales en niños y adolescentes con discapacidad (Yoo et al., 2014) y en alumnos con TDAH (Johnstone et al., 2017; Molina & Martínez-González, 2015).

Competencia de aprender a aprender

La competencia de aprender a aprender supone adquirir conciencia de las propias capacidades y de las estrategias necesarias para aprender. Aprender a aprender lleva implícita la capacidad de prestar atención a las propias emociones y habilidades cognitivas, es decir, presentar una metacognición. La metacognición depende de un proceso cognitivo básico inicial que es la atención y la función ejecutiva del alumno. Así, al igual que los procesos atencionales, la función ejecutiva habilita al alumno para la adquisición de conocimientos y habilidades de dominio específico en un contexto educativo. De este modo, los alumnos con déficits atencionales pueden presentar dificultades en el control ejecutivo de sus impulsos e inhibición de sus respuestas (Sonuga-Barke & Coghill, 2014), estando implicadas ciertas estructuras cerebrales como la corteza prefrontal en la niñez y la premotora en los niños con TDAH (Dirlikov et al., 2015). Sin embargo, la evidencia sugiere que las habilidades de atención y metacognición pueden ser entrenadas desde la niñez y que además es una de las funciones del cerebro humano que mejor responde a la intervención neuropsicológica temprana (Menezes et al., 2015). Asimismo, se ha comprobado que fomentar desde edades tempranas en los planes educativos las habilidades directivas o ejecutivas puede prevenir el fracaso escolar (Diamond & Lee, 2011).

Competencias sociales y cívicas

En la competencia social trata conseguir que todos los ciudadanos alcancen el máximo desarrollo posible de todas sus capacidades, individuales y sociales, intelectuales, culturales y emocionales. En este sentido, esta competencia tiene una relación directa con los estudios sobre inteligencia emocional (en adelante IE). De hecho, existe suficiente evidencia empírica sobre la relación entre niveles altos de IE y éxito académico, a lo que hemos de añadir la asociación entre IE y salud mental y física (Rivera et al., 2014).

Desde la neurociencia se han investigado las áreas cerebrales encargadas del procesamiento de las emociones y cómo evoluciona el estado emocional (Dvash & Sha-

may-Tsoory, 2014). Parece ser que en el procesamiento de las emociones intervienen procesos cognitivos, como la toma de decisiones que puede estar influido por el ambiente social o el estado emocional (Schneider et al., 2013). Estos hallazgos son coherentes con la teoría de la mente y el sistema de neuronas espejo elementos importantes en la creación de la cognición social y la empatía del ser humano (Michalska et al., 2013). Los alumnos que presentan necesidades educativas especiales pueden presentar dificultades en la empatía emocional producto de las lesiones cerebrales encontradas (Schneider et al., 2013). En España este perfil de alumnado suele estar en aulas ordinarias con apoyos y en colegios de educación especial. El profesorado que atiende a esta población, con frecuencia, puede encontrarse con dificultades relacionadas con problemas de conducta y control de la impulsividad. En este sentido, estudios recientes han aportado evidencia de la eficacia de la intervención neuropsicológica en las funciones ejecutivas y el estado emocional de niños con trastornos del neurodesarrollo (Kirk et al., 2015). También, existen programas de intervención psicológica que han encontrado una mejora en el control inhibitorio y gestión de la ansiedad en estos niños (Kaunhoven, & Dorjee, 2017; Schonert-Reichl et al., 2015).

Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor

La competencia de iniciativa personal incluye la capacidad de imaginar, emprender, desarrollar y evaluar acciones o proyectos individuales o colectivos con creatividad, confianza, responsabilidad y sentido crítico, utilizando el autocontrol emocional. Así, en el desarrollo de la iniciativa personal el alumno tiene que aprender a tomar decisiones. Esta es una competencia transversal desde el punto de vista: 1) neuropsicológico, dado los beneficios del entrenamiento en la función ejecutiva para fomentar la toma de decisiones, el autocontrol emocional y la autonomía personal en alumnos con trastornos del neurodesarrollo (Dias, & Seabra, 2017; Kirk et al., 2015); y 2) de las nuevas tecnologías, que suponen un apoyo para mejorar la capacidad de autonomía personal y autocontrol en los alumnos con necesidades educativas especiales (Esclarín-Ruz et al., 2014).

Conciencia y expresiones culturales

Esta competencia está muy relacionada con la creatividad artística de los alumnos en el área musical, plástica y literatura. Desde la neurociencia se estudia el impacto y la capacidad creativa a través del tiempo y sus correlatos neuronales. La creatividad puede ser aprendida por un individuo, habiendo una relación muy estrecha entre los procesos cognitivos, la conducta y la actividad cerebral (Hawthorne et al., 2014).

Las investigaciones recientes aportan evidencia de que la estimulación y práctica musical puede promover las habilidades auditivas, la empatía, el lenguaje, (localizadas en áreas cerebrales de la corteza premotora izquierda y giro supramarginal bilateral), la percepción motora y los procesos cognitivos de orden superior como la memoria de trabajo y la función ejecutiva (Kraus et al., 2014; Ríos-Alhambra, Piqueras, & Martínez-González, 2016), aportando una mayor conectividad cerebral (Fauvel et al., 2014). En este sentido, parece ser que la estimulación mediante la música y otras actividades artísticas relacionadas con la creatividad están asociadas a la capacidad de neuroplasticidad del cerebro del ser humano (Kraus et al., 2014; Sihvonen et al., 2017).

Conclusiones

Actualmente, según el informe europeo PISA, una de las mayores preocupaciones de la comunidad educativa es mejorar el rendimiento de las competencias lingüística y matemática (Ferrera et al., 2013). Desde la neurociencia se ha estudiado la importancia de fomentar la función ejecutiva y los procesos cognitivos básicos como la atención y la memoria tanto en el lenguaje (Valdois et al., 2014) como en las matemáticas (Faramarzi & Sadri, 2014) para mejorar el rendimiento cognitivo.

Las competencias sociales y cívicas, la competencia para aprender a aprender y la competencia de sentido de iniciativa y espíritu emprendedor autonomía tienen muchos puntos en común con la toma de decisiones, la resolución de problemas y el autocontrol emocional. Todos estos aspectos son fundamentales para el desarrollo de la función ejecutiva localizada en áreas cerebrales de la corteza frontal. La resolución de problemas y la toma de decisiones dependen en gran medida del control emocional del alumno. Estas competencias podrían beneficiarse de los logros en neurociencia y psicología, y aplicarlos en el contexto educativo. La neuropsicología ha destacado la importancia de las técnicas para la mejora de la atención, memoria de trabajo y función ejecutiva en alumnos con dificultades en el aprendizaje, TDAH, etc. (Kirk et al., 2015).

Por otra parte, los avances tecnológicos están abriendo un abanico de posibilidades más motivante para el alumno a la hora de impartir asignaturas como matemáticas, lenguaje, etc. (Ledesma, 2014). Entre las ventajas de las nuevas aplicaciones informáticas podemos destacar los juegos serios para la salud (DeSmet et al., 2014), que pueden ayudar a los profesionales de la educación a realizar una programación específica y un seguimiento del funcionamiento de los procesos neuropsicológicos como la atención, la memoria de trabajo y las funciones ejecutivas en el alumno. Las nuevas tecnologías como el neurofeedback para la intervención en los déficits de atención y función ejecutiva (Molina & Martínez-González, 2015) pueden ser muy necesarias para competencias como la social y ciudadana, aprender a aprender y autonomía e iniciativa personal (p.ej. personas con limitaciones en la movilidad, discapacidad intelectual, etc.)

En cuanto a la competencia sobre conciencia y expresiones culturales destacamos las importantes aportaciones de la estimulación mediante la música, tanto en los procesos cognitivos básicos como superiores, como la función ejecutiva, la empatía y la creatividad (Greenberg et al., 2015). En este sentido, la actividad creativa depende en gran medida de procesos neuropsicológicos que estimulan la actividad cerebral (Hawthorne et al., 2014). Por lo tanto, la música es un elemento de esta competencia muy importante en el proceso de aprendizaje del alumno y que actúa de modo transversal facilitando el aprendizaje de materias que pueden ser más complejas y desmotivantes para el alumno.

Por otra parte, los hallazgos de neuroimagen proporcionan evidencia de los neuro-marcadores y correlatos neuronales que están correlacionados y predicen el aprendizaje y el rendimiento en los niños y adultos (Gabrieli et al., 2015). Estas predicciones pueden ayudar a implementar de forma precoz tratamientos adecuados para trastornos como la dislexia, el TDAH, entre otros. Del mismo modo, entendemos que la neurociencia está aportando nuevas herramientas de detección como la evaluación neuropsicológica e intervención basadas en las nuevas tecnológicas (p.ej.: neurofeedback, juegos serios para la salud, programas de entrenamiento cognitivo, etc.) para mejorar los procesos cognitivos y el aprendizaje. Estas herramientas pueden ser un

complemento para la intervención educativa en las diferentes competencias educativas. Sin embargo, somos conscientes de que estas aportaciones deben integrarse en el sistema educativo de forma paulatina.

El presente estudio presenta ciertas limitaciones debido a la escasez de estudios cuasi-experimentales y meta-análisis en neuroeducación. No obstante, pese a las limitaciones de este estudio se considera que la revisión realizada puede dar una aproximación de las aportaciones de la neurociencia a la comunidad científica educativa. Consideramos oportuno incluir de forma transversal las aportaciones de la neurociencia como un elemento más para mejorar las competencias curriculares: (1) emplear medidas de evaluación neuropsicológica para la detección precoz de posibles trastornos relacionados con la atención y la capacidad de aprendizaje del alumno; (2) generalizar las técnicas neuropsicológicas al contexto educativo e implantar nuevas tecnologías como el neurofeedback; (3) crear grupos experimentales y de control en la investigación aplicada; y (4) facilitar la formación a los profesores para que sepan transferir la información neurocientífica al ámbito educativo.

Referencias bibliográficas

- Ansari, D., De Smedt, B., & Grabner, R. H. (2012). Neuroeducation—a critical overview of an emerging field. *Neuroethics*, 5(2), 105-117. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s12152-011-9119-3>
- Baggetta P., & Alexander, P. A. (2016). Conceptualization and Operationalization of Executive Function. *Mind, Brain, and Education*, 10(1), 10-33. doi: 10.1111/mbe.12100
- Blakemore, S. J., & Frith, U. (2005). The learning brain: lessons for education: a précis. *Developmental Science*, 8(6), 459–465. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-7687.2005.00434.x>
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). *How people learn: brain, mind, experience, and school (Expanded edition)*. Washington, DC: National Academy of Sciences. Committee on Developments in the Science of Learning and Committee on Learning Research and Educational Practice.
- Desmet, A., Van Ryckeghem, D., Compennolle, S., Baranowski, T., Thompson, D., Crombez, G., ...De Bourdeaudhuij, I. (2014). A meta-analysis of serious digital games for healthy lifestyle promotion. *Preventive medicine*, 69, 95-107. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ypmed.2014.08.026>
- Diamond, A., & Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science*, 333(6045), 959-964. doi: <http://dx.doi.org/10.1126/science.1204529>
- Dias, N. M., & Seabra, A. G. (2017). Intervention for executive functions development in early elementary school children: effects on learning and behaviour, and follow-up maintenance. *Educational Psychology*, 37(4), 468-486. doi: <https://doi.org/10.1080/01443410.2016.1214686>
- Dirlikov, B., Rosch, K. S., Crocetti, D., Denckla, M. B., Mahone, E. M., & Mostofsky, S. H. (2015). Distinct frontal lobe morphology in girls and boys with ADHD. *NeuroImage: Clinical*, 7, 222–229. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nicl.2014.12.010>. eCollection 2015

- Dvash, J., & Shamay-Tsoory, S. G. (2014). Theory of mind and empathy as multidimensional constructs: Neurological foundations. *Topics in Language Disorders*, 34(4), 282-295. doi: <http://dx.doi.org/10.1097/TLD.0000000000000040>
- Esclarín-Ruz, A., Alcobendas-Maestro, M., Casado-López, R., Pérez-Mateos, G., Florido-Sanchez, M. A., González-Valdizan, E., & Martín, J. L. (2014). A comparison of robotic walking therapy and conventional walking therapy in individuals with upper versus lower motor neuron lesions: A Randomized Controlled Trial. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 95(6), 1023-1031. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2013.12.017>
- Faramarzi, S., & Sadri, S. (2014). The effect of basic neuropsychological interventions on performance of students with dyscalculia. *Neuropsychiatry y Neuropsychology/ Neuropsychiatría i Neuropsychologia*, 9(2), 48-54. Recuperado de: <http://search.proquest.com/openview/694a5331e831c7fd4ce1f354dfe4386d/1?pq-origsite=gscholar>
- Fauvel, B., Groussard, M., Chetelat, G., Fouquet, M., Landeau, B., Eustache, F., ...Platel, H. (2014). Morphological brain plasticity induced by musical expertise is accompanied by modulation of functional connectivity at rest. *NeuroImage*, 90, 179-188. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.12.065>
- Ferrera, J. M. C., Cebada, E. C., & Chaparro, F. P. (2013). Rendimiento educativo y determinantes según PISA: Una revisión de la literatura en España [Educational achievement and determinants in PISA: A Spanish literature survey]. *Revista de Educación*, 362, 273-297. doi: <http://dx.doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2011-362-161>
- Gabrieli, J. D., Ghosh, S. S., & Whitfield-Gabrieli, S. (2015). Prediction as a humanitarian and pragmatic contribution from human cognitive neuroscience. *Neuron*, 85(1), 11-26. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron>
- Gardner, H. (1999). *Intelligence reframed: Multiple intelligences for the 21st century*. Basic Books.
- Gracia-Bafalluy, M., & Escolano-Pérez, E. (2014). Aportaciones de la neurociencia al aprendizaje de las habilidades numéricas [Contributions of neuroscience to the learning of numerical abilities]. *Revista de Neurología*, 58(2), 69-76. Recuperado de: <http://www.neurologia.com/pdf/Web/5802/bl020069.pdf>
- Greenberg, D. M., Rentfrow, P. J., & Baron-Cohen, S. (2015). Can music increase empathy? Interpreting musical experience through the empathizing-systemizing (es) theory: Implications For Autism. *Empirical Musicology Review*, 10(1), 79-94. Recuperado de: http://docs.autismresearchcentre.com/papers/2015_Greenberg,Rentfrow,Baron-Cohen_Can_Music_Increase_Emapthy.pdf
- Guía, E., Lozano, M. D., & Penichet, V. M. (2015). Educational games based on distributed and tangible user interfaces to stimulate cognitive abilities in children with ADHD. *British Journal of Educational Technology*, 43(3), 664-678. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/bjet.12165>
- Hawthorne, G., Quintin, E. M., Saggat, M., Bott, N., Keinitz, E., Liu, N., ... & Reiss, A. L. (2014). Impact and sustainability of creative capacity building: the cognitive, behavioral, and neural correlates of increasing creative capacity. *Design thinking research*, 65-77. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-01303-9_5
- Johnstone, S. J., Roodenrys, S. J., Johnson, K., Bonfield, R., & Bennett, S. J. (2017). Game-based combined cognitive and neurofeedback training using Focus Pocus reduces symptom severity in children with diagnosed AD/HD and subclinical

AD/HD. *International Journal of Psychophysiology*, 116, 32-44. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2017.02.015>

- Kaunhoven, R. J., & Dorjee, D. (2017). How does mindfulness modulate self-regulation in pre-adolescent children? An integrative neurocognitive review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 11(2), 85-95. doi: 10.1111/mbe.12138
- Kirk, H. E., Gray, K., Riby, D. M., & Cornish, K. M. (2015). Cognitive training as a resolution for early executive function difficulties in children with intellectual disabilities. *Research in developmental disabilities*, 38, 145-160. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2014.12.026>
- Kraus, N., Hornickel, J., Strait, D. L., Slater, J., & Thompson, E. (2014). Engagement in community music classes sparks neuroplasticity and language development in children from disadvantaged backgrounds. *Frontiers in Psychology*, 5, 1403. doi: <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01403>
- Kuelz, A. K., Hohagen, F., & Voderholzer, U. (2004). Neuropsychological performance in obsessive-compulsive disorder: a critical review. *Biological psychology*, 65(3), 185-236. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biopsycho>
- Ledesma, M. L. (2014). Aprendizaje colaborativo a través de TIC para el desarrollo de competencias en la resolución de problemas aritméticos. En Hernández, A. & Olmos S. *Metodologías de aprendizaje colaborativo a través de las tecnologías* (Vol. 178). Salamanca, España: Ediciones Universidad de Salamanca.
- Liégeois, F., Mayes, A., & Morgan, A. (2014). Neural correlates of developmental speech and language disorders: evidence from neuroimaging. *Current developmental disorders reports*, 1(3), 215-227. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s40474-014-0019-1>
- LOMCE, L. O. 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. (2013). Consultada en el BOE, (295). Recuperado de: <https://www.boe.es/boe/dias/2013/12/10/pdfs/BOE-A-2013-12886.pdf>
- Mayer, D., Sodian, B., Koerber, S., & Schwippert, K. (2014). Scientific reasoning in elementary school children: Assessment and relations with cognitive abilities. *Learning and Instruction*, 29, 43-55. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc>
- Mehta, A. (2009). 'Neuroeducation' emerges as insights into brain development, learning abilities grow. *The DANA foundation*. Recuperado de: <http://www.dana.org/news/brainwork/detail.aspx?id=22372>
- Menezes, A., Dias, N. M., Trevisan, B. T., Carreiro, L. R. R., & Seabra, A. G. (2015). Intervention for executive functions in Attention Deficit and Hyperactivity Disorder. *Arquivos de Neuro-psiquiatria*, 73(3), 227-236. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0004-282X20140225>
- Michalska, K. J., Kinzler, K. D., & Decety, J. (2013). Age-related sex differences in explicit measures of empathy do not predict brain responses across childhood and adolescence. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 3, 22-32. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dcn.2012.08.001>
- Molina, J., & Martínez-González, A. E. (2015). Eficacia de una intervención computerizada para mejorar la atención en un niño con TDAH. *Revista de Psicología Clínica con Niños y Adolescentes*, 2(2), 157-162. Recuperado de: http://www.revistapcna.com/sites/default/files/09-6_molina_tdah.pdf
- Navas-Sánchez, F. J., Alemán-Gómez, Y., Sánchez-Gonzalez, J., Guzmán De Villoria, J. A., Franco, C., Robles, O., ... Desco, M. (2014). White matter microstructure correla-

- tes of mathematical giftedness and intelligence quotient. *Human Brain Mapping*, 35(6), 2619-2631. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/hbm.22355>
- Premack, D., & Woodruff, G. (1978). Does the chimpanzee have a theory of mind? *Behavioral and Brain Sciences*, 1(04), 515-526. doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S0140525X00076512>
- Ríos-Alhambra, J., Piqueras, J. A., & Martínez-González, A. E. (2016). Eficacia de la Musicoterapia en la disminución de Conductas Repetitivas en personas con Trastornos del Espectro Autista [Effectiveness of music therapy in the decrease of repetitive behaviors in people with autism spectrum disorders]. *Revista Discapacidad, Clínica y Neurociencias*, 3(1), 1-13. Recuperado de: <http://www.profesionales-dependenciadiscapacidad.com/revista-discapacidad-cl%C3%ADnica-neurociencias/art%C3%ADculos-2016/>
- Rivera, M. C. A., Llanes, O. F. G., Garrido, V. A. P., Maldonado, C. R. Q., & Sánchez, C. A. Z. (2014). Inteligencia emocional, estrés, autoeficacia, locus de control y rendimiento académico en universitarios. *Enseñanza e Investigación en Psicología*, 19(1), 21-35. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/html/292/29232614002/>
- Rosenberg-Lee, M., Ashkenazi, S., Chen, T., Young, C. B., Geary, D. C., & Menon, V. (2015). Brain hyper-connectivity and operation specific deficits during arithmetic problem solving in children with developmental dyscalculia. *Developmental Science*, 18(3), 351-372. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/desc.12216>
- Schneider, K., Pauly, K. D., Gossen, A., Mevissen, L., Michel, T. M., Gur, R. C., ... Habel, U. (2013). Neural correlates of moral reasoning in autism spectrum disorder. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 8(6), 702-10. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/scan/nss051>
- Schonert-Reichl K. A., Oberle, E., Lawlor, M., Abbott, D., Thomson, K., Tim F. Oberlander, T.F., & Diamond, A. (2015). Enhancing cognitive and social – emotional development through a simple-to-administer mindfulness-based school program for elementary school children: a randomized controlled trial. *Developmental Psychology* 51, 52-66. doi: 10.1037/a0038454
- Sigman, M., Peña, M., Goldin, A. P., & Ribeiro, S. (2014). Neuroscience and education: prime time to build the bridge. *Nature Neuroscience*, 17(4), 497-502. doi: <http://dx.doi.org/10.1038/nn.3672>
- Sihvonen, A. J., Särkämö, T., Leo, V., Tervaniemi, M., Altenmüller, E., & Soinila, S. (2017). Music-based interventions in neurological rehabilitation. *The Lancet Neurology*, 16(8), 648-660. doi: [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(17\)30168-0](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(17)30168-0)
- Soriano-Ferrer, M., & Martínez, E. P. (2017). Una revisión de las bases neurobiológicas de la dislexia en población adulta [A review of the neurobiological basis of dyslexia in the adult population]. *Neurología*, 32, 50-57. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nrl.2014.08.003>
- Temple, E., Deutsch, G. K., Poldrack, R. A., Miller, S. L., Tallal, P., Merzenich, M. M., & Gabrieli, J. D. (2003). Neural deficits in children with dyslexia ameliorated by behavioral remediation: evidence from functional MRI. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(5), 2860-2865. doi: <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0030098100>
- Valdois, S., Peyrin, C., Lassus-Sangosse, D., Lallier, M., Démonet, J. F., & Kandel, S. (2014). Dyslexia in a French–Spanish bilingual girl: Behavioural and neural modulations following a visual attention span intervention. *Cortex*, 53, 120-145. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cortex.2013.11.006>

- Wang, E., Qin, S., Chang, M., & Zhu, X. (2015). Digital memory encoding in Chinese dyscalculia: An event-related potential study. *Research in Developmental Disabilities*, 36, 142-149. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2014.09.020>
- Wouters, P., Oostendorp, H., Vrugte, J., Vandercruysse, S., Jong, T., & Elen, J. (2017). The effect of surprising events in a serious game on learning mathematics. *British Journal of Educational Technology*, 48(3), 860-877. doi: 10.1111/bjet.12458
- Yoo, J. W., Lee, D. R., Sim, Y. J., You, J. H., & Kim, C. J. (2014). Effects of innovative virtual reality game and EMG biofeedback on neuromotor control in cerebral palsy. *Bio-medical Materials and Engineering*, 24(6), 3613-3618. doi: <http://dx.doi.org/10.3233/BME-141188>